

ANALISIS HOMOGENITAS BAHAN ACRYLIC DENGAN TEKNIK RADIOGRAFI SINAR-X

Susilo¹, W. S. Budi², Kusminarto³

¹*Jurusan Fisika, FMIPA UNNES, Kampus UNNES Sekaran, Semarang*

²*Jurusan Fisika, FMIPA UNDIP, Jl. Prof. Sudarto, SH, Semarang.*

³*Jurusan Fisika, FMIPA, UGM, Skip, Yogyakarta*

Email: susilosumarto@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan pengukuran terhadap *stepwedge* buatan sendiri dari bahan *acrylic* yang ada dipasaran untuk uji homogenitas bahan dengan menggunakan sistem Radiografi Digital (RD) dan sistem CR (*Computed Radiography*). Data hasil pemotretan yang berupa file citra *stepwedge* kemudian dianalisis dengan perangkat lunak berbasis program aplikasi Matlab 7.1. Hasil perhitungan indeks-keabuan yang dapat digrafikkan untuk menunjukkan bahwa hubungan antara indeks-keabuan dan ketebalan step dari *stepwedge* menggunakan sistem RD bersifat linear dan dapat dinyatakan secara matematis sebagai $Y = 0,1292X + 0,0432$ dengan $R^2 = 0,9988$. Persamaan ini juga sesuai dengan indeks-keabuan *stepwedge* menggunakan CR dan diperoleh persamaan linear: $0,0955X + 0,4275$ dengan $R^2 = 0,9996$. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ini diharapkan dapat dikembangkan dalam pengadaan *stepwedge* buatan sendiri untuk uji homogenitas pesawat radiografi diagnostik sehingga lebih efektif dan efisien.

Kata-kata kunci: *stepwedge*, Radiografi Digital, *Computed Radiography*, tingkat keabuan

Pendahuluan

Prinsip radiografi relatif tidak berubah sejak tahun 1895, yaitu ketika Wilhem C. Roentgen menyadari eksistensi sinar-x. Aplikasi *filmless radiography* dapat ditempuh dengan beberapa cara. Pertama dengan teknik digitisasi film radiograf berdasar prinsip densitas optik (*optical densitometry*) hingga ke bentuk pemayaran digital menggunakan *flatbed scanner*. Kedua, dengan melakukan proses konversi citra fluoroskopi langsung dengan suatu perangkat kamera yang dihubungkan dengan suatu perangkat pendigital. Ketiga, dengan melakukan proses konversi menggunakan tabung kedap cahaya berbasis *X-Ray intensifying screen* yang dihubungkan dengan suatu perangkat pendigital, dalam penelitian ini dinamakan sistem Radiografi Digital (RD). Keempat, dengan menggunakan media penyimpan berbahan fosfor (*phosphor storage*) yang diikuti pembacaan berbasis pendaran melalui proses scanning oleh sinar laser, kemudian dikenal dengan system *Computed Radiography* (CR). Kelima, dengan menggunakan *flat* detektor yang dilengkapi dengan sistem konversi digital.¹ Perbandingan kinerjanya dapat dianalisis dengan metode seperti yang dilakukan oleh Bianchi, *et.al*.

Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan

Bahan dari *stepwedge* adalah *acrylic* yang dikenal dengan nama Polymethyl-methacrylate (PMMA) dan ditulis dengan notasi kimia sebagai $(C_5H_8O_2)_n$. PMMA dihasilkan melalui polimerisasi emulsi, polimerisasi larutan dan polimerisasi bulk. Kisaran temperatur glass transisi PMMA cukup luas 85–165 °C dengan densitas 1,185 g/cm³, sehingga banyak digunakan pada komposisi komersial.² Bahan ini sering dijual sebagai bahan pengganti gelas dengan merk dagang Plexiglas, Perspex atau Lucite.

Untuk mengetahui hubungan ketebalan dengan tingkat keabuan dilakukan dengan membandingkan pengukuran paparan sinar-x pada *stepwedge* dari bahan *acrylic* dengan menggunakan system RD dan CR.

Ukuran dan bentuk *stepwedge* umumnya bertingkat³. Sedang *stepwedge acrylic* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.

Teknik radiografi digital yang dimaksud disini adalah teknik radiografi yang berupa sisten radiografi digital (modifikasi dari sistem radiografi konvensional) dan sistem *Computed Radiography* (CR) yang pada umumnya ada di rumah sakit tipe A, seperti RS Dr Kariadi Semarang.

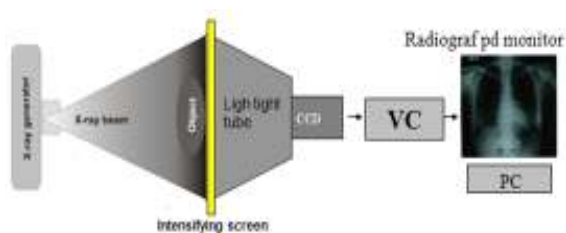


Gambar 1: Stepwedge dengan bahan acrylic

Spesifikasi stepwedge Acrylic yang dibuat:

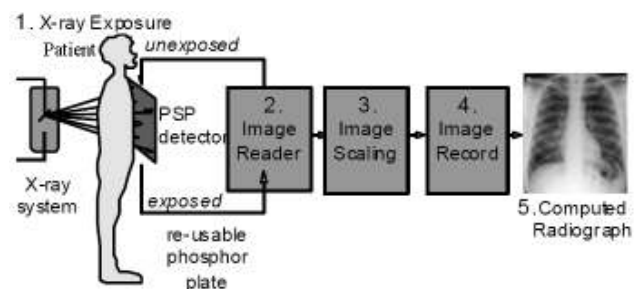
Lebar	: 6,5 cm
Panjang	: 18,5 cm
Tinggi max	: 5,5 cm
Banyaknya step	: 11
Perbedaan tebal/step	: 0,5 cm
Perbedaan panjang/step	: 1,5 cm

Secara skematis, sistem Radiografi Digital (RD) dapat dijelaskan sebagai berikut: generator sinar-X memberi paparan pada obyek, kemudian oleh unit tabung kedap cahaya yang terdiri dari detektor (*intensifying screen*) dan kamera CCD mengubah gambaran sinar-X menjadi sinar tampak, sehingga unit *video capture* (VC) citra radiografi bisa ditampilkan oleh unit PC dengan monitor penampil radiograf (Gambar 2).

Gambar 2: Sistem RD ^{4,5}

Sedang untuk sistem *Computed Radiography* (CR) secara skematis dapat dijelaskan sebagai berikut: sinar-X memberi paparan pada pasien (obyek), kemudian gambaran diterima oleh kaset *detector* pelat pencitraan (*storage phosphor image plate – SPIP*) untuk proses berikutnya kaset tersebut diolah oleh *scanner*, sehingga terjadi proses pembacaan citra, pengaturan skala, dan penyimpanan/pengolahan citra (oleh *image*

reader, *image scaling*, *image record*), dan akhir radiograf bisa ditampilkan pada layar monitor.

Gambar 3: Sistem CR ⁶

Eksperimental Pembuatan Radiograf Digital

Dibuat foto sinar-X dari obyek *stepwedge* dengan posisi anterior-posterior menggunakan sistem CR pada sebuah pelat pencitraan (*SPIP*), kemudian proses *readout* dengan berkas laser dan dibaca melalui *CR Reader* ⁷. Citra hasil pemotretan berupa file jenis *image*, bisa berupa BMP atau JPG yang tersimpan dalam *workstation*, sehingga file tersebut bisa di salin ke dalam CD untuk dianalisis menggunakan PC dengan perangkat lunak berbasis Matlab. Paparan sinar-X dilakukan pada jarak fokus-film 1 m, tegangan katoda - anoda 52 kV selama 20 mAs, dengan kuat arus sebesar 100 mA.

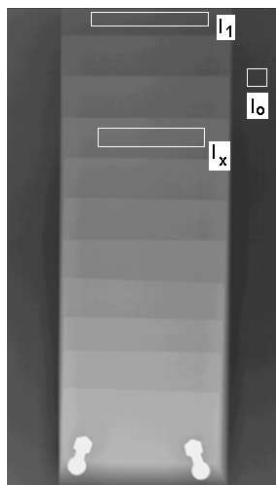
Dengan cara yang sama foto sinar-X dari *stepwedge* juga dilakukan dengan menggunakan sistem RD, dimana hasilnya langsung bisa ditampilkan pada layar monitor, sehingga hasil pemotretan bisa disalin ke dalam CD untuk dianalisis menggunakan PC dengan perangkat lunak berbasis Matlab.

Analisis Kuantitatif

Dengan menggunakan perangkat lunak berbasis Matlab, citra radiograf dengan jenis *.BMP atau *.JPG tersebut diamati, kemudian dipilih dengan mengambil sebagian (*crop*) bagian-bagian tertentu pada ROI (*region of interest*) tanpa obyek, ROI Step acuan (digunakan step 1) dan ROI setiap step pada *stepwedge* (step 1 s.d 11), berturut-turut disebut I_0 , I_1 dan I_x yang dinyatakan dengan angka-angka tingkat keabuan dari 0–255, yaitu dari warna gelap sampai putih ⁸.

Data citra radiograf yang diperoleh dari sistem RD dan hasil *scanning* sistem CR,

dianalisis dengan perangkat lunak pengolahan citra berbasis Matlab 7.1, sehingga keluaran berupa data kuantitatif yang bisa disusun dalam bentuk tabel untuk kemudian dilakukan analisis. Kemudian setiap data tingkat keabuan ROI dikelompokkan dalam klasifikasi indeks-keabuan. Proses penentuan ROI I_o , I_l dan I_x ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 4: Penentuan ROI I_o , I_l dan I_x .

Secara matematis indeks-keabuan (n_g) dapat dinyatakan sebagai:

$$n_g = \frac{\ln(I_x / I_o)}{\ln(I_l / I_o)}$$

Berkas sinar-X yang digunakan dalam sistem radiografi konvensional di Rumah Sakit umumnya tidak homogen. Intensitas di sumbu pusat paling tinggi dan menurun secara gradual ke arah tepi. Distribusi intensitas dari sumbu pusat ke arah radial mengikuti distribusi normal. Hal ini akan mempengaruhi citra-citra yang dihasilkan, sehingga intensitas homogen hanya berlaku untuk berkas dekat sumbu utama.

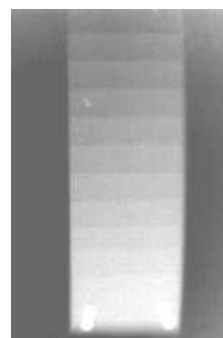
Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian

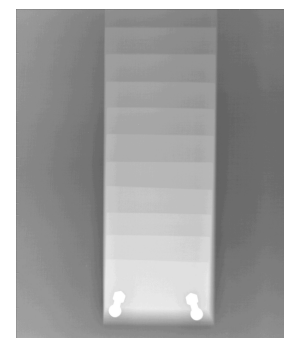
Penelitian ini dilakukan di Bagian Radiologi RSUP Dr. Kariadi Semarang untuk paparan sinar-X dengan sistem CR dan Lab Fisika Medik FMIPA UNDIP Semarang untuk paparan sinar-X menggunakan sistem RD. Sampel penelitian adalah stepwedge dari bahan *acrylic* buatan sendiri.

Paparan sinar-X dilakukan pada jarak 1 m, tegangan katoda-anoda 52 kV selama 0,04 detk, dengan kuat arus sebesar 100mA. Hasil radiograf dengan obyek *stepwedge acrylic* menggunakan sistem RD dan CR ditunjukkan pada gambar 4.

Dengan perangkat lunak berbasis Matlab ROI tiap step kedua radiograf di *crop* kemudian hasilnya mean nilai tingkat keabuan dicatat seperti ditunjukkan pada Table 1. Secara histogram setiap ROI bisa ditampilkan seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

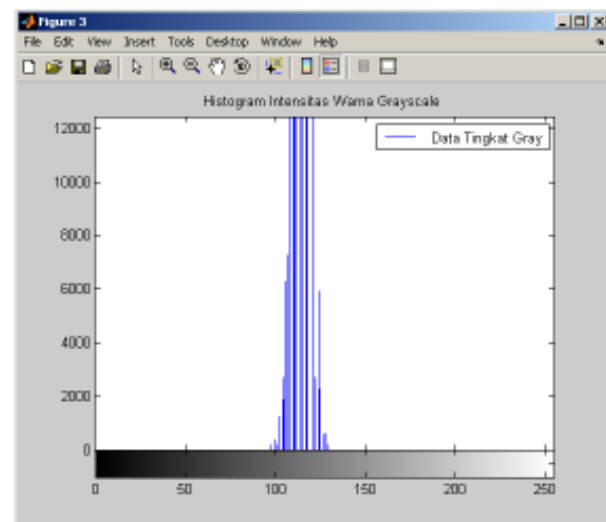


a. Dengan system RD



b. Dengan system CR

Gambar 5: Radiograf acrylic



Gambar 6: Histogram ROI salah satu step.

Catatan:

Info bit : 8
Standard Deviatie : 4.72087
Mean : 113.721

Data hasil pada Table 1 menunjukkan adanya step (yang menggambarkan ketebalan) dan *grey level* GL (yang menggambarkan angka tingkat beabuan). Hasil ini dapat digrafikkan

seperti terlihat pada gambar 6 dan gambar 7, berturut-turut menunjukkan radiograf hasil paparan sinar-X pada *stepwedge* menggunakan sistem RD dan CR.

Tabel 1: Data Analisis *stepwedge acrylic*

Step	Sistem RD		Sistem CR	
	GL	$\text{Ln}(I_x/I_0)/\text{Ln}(I_1/I_0)$	GL	$\text{Ln}(I_x/I_0)/\text{Ln}(I_1/I_0)$
			75,2	
1	84,42	1,00	9	1,00
			83,8	
2	92,34	1,33	6	2,16
			92,9	
3	101,30	1,67	2	3,26
			101,	
4	108,74	1,93	63	4,23
			108,	
5	114,70	2,12	37	4,92
			114,	
6	122,75	2,37	89	5,55
			123,	
7	132,27	2,64	57	6,33
			134,	
8	143,26	2,93	72	7,26
			145,	
9	153,72	3,19	71	8,11
			155,	
10	164,74	3,44	89	8,83
			166,	
11	173,73	3,64	77	9,56
			68,6	
BG	64,22		1	

Keterangan:

BG: tingkat keabuan *background* (I_0)

I_x : tingkat keabuan ROI yang diperiksa.

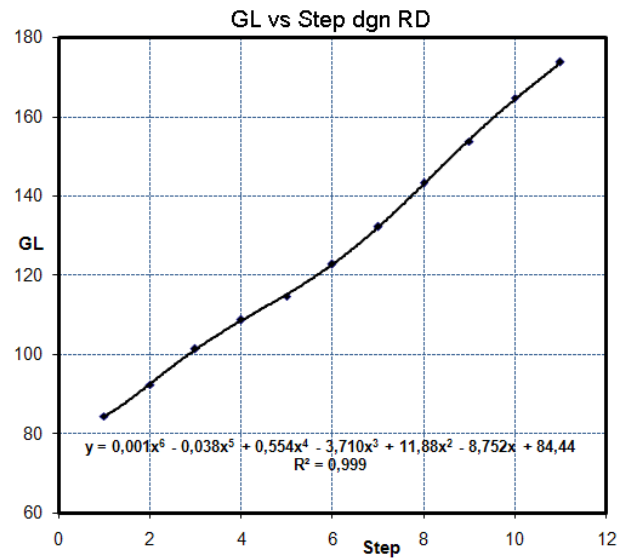
I_1 : tingkat keabuan ROI acuan.

I_0 : tingkat keabuan ROI *background*.

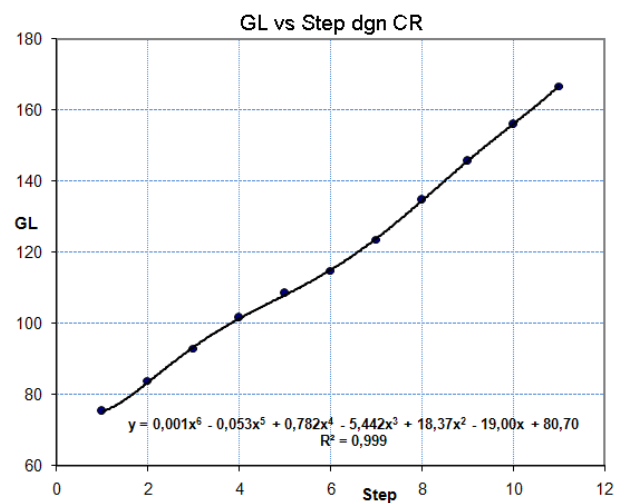
Pembahasan

Pada penelitian ini terdapat dua cara untuk mengambil foto roentgen, yaitu menggunakan sistem RD dan CR.

Dari grafik GL vs step pada Gambar nomor 7 dan 8 ditunjukkan bahwa pada step dari *stepwedge* nomor 1 sampai 3 adalah linear, tapi mulai step nomor 4 sampai 11 adalah tidak linear (polynomial orde 6). Adanya ketidak linearan ini disebabkan karena efek *Hill*, yaitu intensitas sinar-X di sumbu pusat paling tinggi dan menurun secara gradual ke arah tepi. Distribusi intensitas dari sumbu pusat ke arah radial mengikuti distribusi normal.

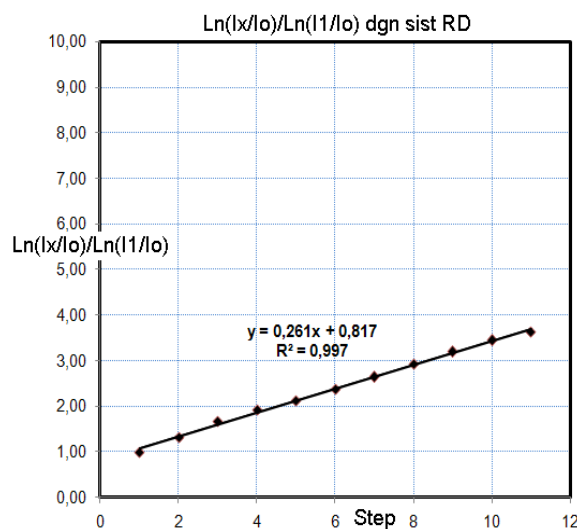


Gambar 7: Grafik GL vs Step (ketebalan) menggunakan system RD



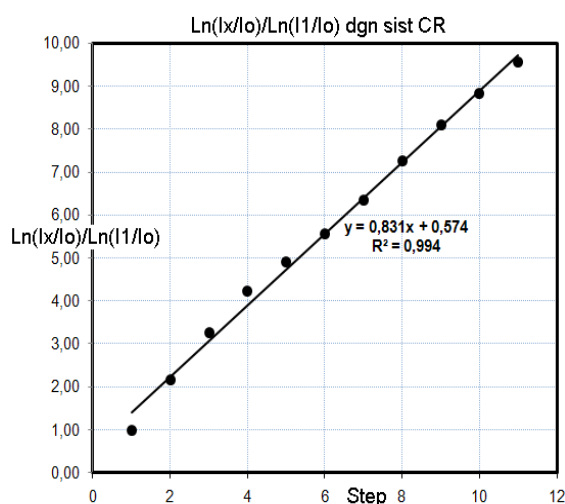
Gambar 8: Grafik GL vs Step (ketebalan) menggunakan sistem CR

Nilai tingkat keabuan setiap step dari citra *stepwedge* ditunjukkan dengan menggunakan histogram, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar tersebut adalah contoh tampilan yang menunjukkan nilai *mean* (rata-rata), deviasi baku dan bit tingkat keabuan (*grey level*) dari citra step yang di-*crop*.



Gambar 9: Grafik $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ vs step menggunakan system RD

Dari Gambar 9 adalah hasil pelinearan grafik pada Gambar 7 dengan menggunakan system RD. Diperoleh persamaan linear:: $y = 0,261x + 0,817$ dengan $R^2 = 0,997$ yang merupakan fungsi $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ terhadap step (ketebalan). Ditunjukkan bahwa makin tebal step indeks-keabuan $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ main besar secara linear.



Gambar 10: Grafik $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ menggunakan system CR

Gambar 10 adalah juga hasil pelinearan grafik pada Gambar 8 dengan menggunakan sistem CR. Diperoleh persamaan linear: $y = 0,831x + 0,574$ dengan $R^2 = 0,994$

yang merupakan fungsi $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ terhadap step (ketebalan). Ditunjukkan juga bahwa makin tebal step indeks-keabuan $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ main besar secara linear.

Dari persamaan (2) dan (3) diperoleh persamaan linear, sehingga dapat ditunjukkan bahwa paparan sinar-X dengan menggunakan sistem RD maupun CR dengan obyek *stepwedge* dengan bahan *acrylic* adalah cukup homogen.

Gambar 10: Grafik $\ln(I_x/I_o)/\ln(I_1/I_o)$ menggunakan system CR

Simpulan

Dari pembahasan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *stepwedge* dengan bahan *acrylic* dapat digunakan untuk uji homogenitas berkas sinar-X.

Dengan bahan *acrylic* cukup dapat digunakan sebagai pengganti *stepwedge* aluminum yang relatif mahal dan mudah dicari dipasaran.

Hal ini menunjukkan bahwa cara tersebut diharapkan dapat mengembangkan *stepwedge* buatan sendiri untuk uji homogenitas pesawat radiografi diagnostik sehingga lebih efektif dan efisien.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat terselenggara melalui bantuan Hibah Strategis Nasional 2009. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ka Divisi Radiologi RS Dr. Kariadi Semarang, Kalab Fisika Medik FMIPA Undip dan Kalab Fisika FMIPA Unnes, dr. Yunita Intan, Sp.Rad, Rudi Setiawan, atas bantuannya dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Hendee William. 2002. Medical Imaging Physics. Wiley-Liss. A John Wiley & Sons.
- [2] Asti Meizarini, Widya Andriana, & Elly Munadzirroh. 2005. Pengaruh perendaman basis gigitiran resin akrilik tipe crosslinked dan non cross-linked dalam glutaraldehyde terhadap tumbuhnya candida albicans. Laboratorium Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi FKG Unair Surabaya – Indonesi.

- [3] Anonymous, 2001, Instructional manual: RMI aluminium stepwedge model 117. RMI quality assurance radiology.
- [4] Susilo, Sunarno, Moh Azam, Moh Anam. 2009. Rancang bangun sistem pencitraan Radiografi Digital untuk pengembangan layanan RS Daerah dalam pelaksanaan Otonomi Daerah dan Desentralisasi. Laporan penelitian Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional.
- [5] Kusminarto, G.B. Suparta, B. Supardiyono dan Bagaswoto, 1995, "Sistem Radiografi Fluoresens Digital", Laporan penelitian, Riset Unggulan Terpadu II.
- [6] Louis Lanca, Augusto Silva. Digital Radiography Detectors – A Technical Overview: Part 1. Elseiver, Radiography (2009) 15, 58-62.
- [7] Markus Korner, Christof Weber, Stefen Wvith. Advances in Digital Radiography: Physical Principles and System Overview. RG, vol 27, umber 3, 2007.
- [8] Ludwig Karl, Horst Lenzen, Friedrich Kamm, thomas M. Link, stefan Diederich, Dag Wormanns, and Halter Heindel, 2002. Performance of a flat-panel detector in detecting artificial bone lesions: Comparison with Conventional Screen-film and storage – phosphore radiography. RSNA 2002; 222:453-459.

